

# 基于 TOE 框架的制造业数字化转型组态效应研究

李至铎

河北大学 管理学院, 河北保定, 071002;

**摘要:** 研究在传统制造业面临数字化转型压力的背景下探究不同的信息系统组态如何重塑制造业, 探究推动制造业企业高质量发展的数字化路径。本文基于 TOE 框架理论从技术、组织和环境层面剖析信息系统组态对智能制造转型的影响机制, 并且运用 CSMAR 数据库数据与动态定性比较分析方法, 识别出信息系统组态推动智能制造转型的若干条有效组态路径。提出每条路径的应对策略策略并为制造业实现智能制造转型提供简要理论建议与实践建议。

**关键词:** 数字化转型; TOE 框架; 动态 QCA

**DOI:** 10.69979/3041-0673.26.05.052

## 1 文献综述

### 1.1 企业数字化转型系统重构

TOE 框架在阐释制造业数字化转型方面展现出较强的理论适应性。已有研究基于该框架指出, 单一技术或政策难以独立推动企业数字化转型, 技术与治理的协同模式则表明, 数字化技术需求须与组织治理结构实现动态匹配。此外, 相关研究通过引入加速度模型进一步拓展了 TOE 框架在时空维度上的解释力。总体来看, 现有关于 TOE 框架的探讨多集中于企业微观层面, 而对区域层面系统性的分析仍较为欠缺。

### 1.2 智造转型具有时空的异质性

相关研究基于面板数据分析指出, 组织内部的管理层支持是企业推进数字化转型的关键驱动因素。从企业协同视角出发, 已有研究识别出区域新质生产力形成的多条等效路径, 为制造业智能转型提供实践参考。然而现有动态 QCA 研究仍存在一定局限: 一是在时间维度界定上, 往往难以准确捕捉政策冲击等外生事件的影响; 二是在空间异质性分析方面, 多数研究仍停留在宏观区域层面, 对省域等更细粒度单元的深入探讨尚显不足。

### 1.3 企业数字化转型特点

从技术维度看, 数据要素能够通过提升企业创新能力增强数字化转型的驱动力, 而区域信息系统的构建有助于整合数据流、缓解信息孤岛问题。在组织维度上, 数字化转型有助于降低企业内部的委托与代理成本, 同时数字治理的嵌入可有效克服组织惯性, 提升技术渗透

与运营效率。就环境维度而言, 龙头企业的示范效应对带动区域转型具有重要作用, 但也需注意由此可能引发的盲目跟从现象。因此有必要在分析框架中纳入区域数字生态成熟度等变量, 以更系统地评估数字协同水平与转型压力。

## 2 理论框架

### 2.1 TOE 框架

TOE 理论体系由学者 Tornatzky 与 Fleischer 首次提出, 该理论由技术可行性、组织适配性和环境约束性三个维度组成。经众多学者梳理随着 TOE 理论体系的不断发展与完善, 国内的学者在数字经济、产业转型等研究中也进行了大量探索性应用, 在实践中不断深化理论内涵并将其拓展, 塑造出了“T-O-E”三要素协同演化的重要研究范式。此类研究实践, 延展 TOE 理论的应用边界, 并且通过各类跨学科的整合强化了理论的解释效力, 为破解复合型社会经济发展议题提供方法论层面的支撑。

### 2.2 研究变量重映射

基于已有的研究, 可以得出, 数字化转型水平是衡量企业与地区新质生产力发展的重要组成指标。因此本文基于学者卢江与宋佳的企业新质生产力水平的研究, 利用其研究中的衡量企业新质生产二级指标来进行要素的重新映射, 同时基于 CSMAR 数据库中已经发布的四类指标作出新的调整。具体操作是将硬科技、软科技、活劳动、物化劳动四个变量作为因变量, 映射到 TOE 框架中, 其具体的内容如表 1 所示。

表 1 TOE 框架下变量的重新映射

TOE 维度	因变量	映射逻辑与依据
技术 (T)	硬科技、软科技	硬科技：直接反映企业技术基础设施水平； 软科技：体现技术应用层面的能力
组织 (O)	活劳动	活劳动：属于组织内部的人力资源能力
环境 (E)	物化劳动	物化劳动：受外部环境驱动

### 3 研究设计

#### 3.1 研究方法

面对动态多变的环境以及日趋复杂的社会现象，基于传统相关性理论的研究方法，已经难以回应学界解释复杂因果逻辑的诉求。在此背景下，组态视角和 QCA 方法应运而生。近年来，定性比较分析方法尤其是动态 QCA 方法，在企业技术创新、区域创业活跃度等多个领域的研究中得到广泛应用，且相关的大量研究也证实了相关结论，这种方法对于揭示复杂因果机理的有效作用。

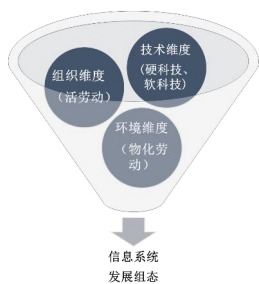


图 1 TOE 框架下的组态效应

#### 3.2 样本选择与数据来源

借鉴卢江等学者的研究成果，选择与新质生产力紧密相关的战略性新兴产业作为主要研究对象。考虑到数据的可得性以及 2020 年外部环境变化带来的不利影响，本文选择 2019~2023 年战略性新兴产业上市公司作为研究对象。样本的筛选遵从以下原则，其一为数据在考察区间内均有详细的数据指标；其二为已经上市且主营业务为制造业大类的企业；其三为已持续经营并有稳定的财务状况。最终经过筛选得到了 43 家企业的面板数据。

### 4 数据分析与研究结果

#### 4.1 变量校准

本文在校准过程中，采用直接校准法进行了模糊集校准，同时，依据各变量数据的 90%、50%和 10%三个分位点，分别设定了完全隶属、交叉点、完全不隶属三个锚点。具体如下表 2 所示。

表 2 数据校准

前因	完全隶属	交叉点	完全不隶属
活劳动 (LL)	0.00381	0.00753	0.01734
物化劳动 (ML)	0.00297	0.00731	0.01668
硬科技 (HT)	0.00135	0.00314	0.00688
软科技 (ST)	0.000629	0.001096	0.001743
企业新质生产力水平 (PL)	0.00124	0.00237	0.00439

基于 TOE 框架对企业智能制造系统进行组态分析时，采用 0-1 标准化校准方法对生产力水平、软技术、硬技术、物化劳动与活劳动五大核心变量实施数据转换。校准后的数据最小值恒定为 0，最大值均达到 1，证实校准过程未产生异常值溢出，显然，这满足了模糊集定性比较分析对变量边界控制的基本要求。

#### 4.2 校准后的变量分布

由已有的研究数据可得，一般情况下当某一条件一致性水平超过 0.9 时就可以认为该条件是构成结果变量的必要条件。但在动态 QCA 分析中除了要考虑一致性

水平，还要关注组间一致性调整距离大小。当某一条件的组间一致性调整距离超过 0.2 的阈值时，我们需要借助组间分析来进一步判定。

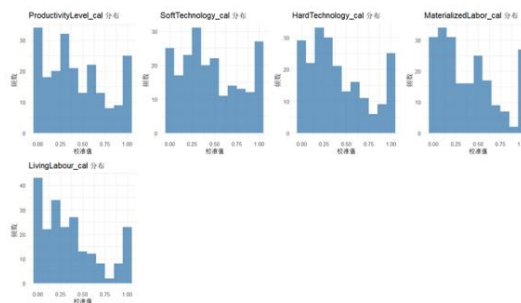


图 2 校准后变量的分布直方图

4.3 组态条件的充分性分析

4.3.1 条件组合分析

表 3 条件组合的 QCA 分析数据

路径	条件组合	一致性	PRI	解覆盖度	唯一覆盖度
1	~ST*HT	0.97	0.936	0.661	0.016
2	HT*~MT	0.966	0.924	0.664	0.036
3	HT*~LL	0.961	0.92	0.706	0.077
整体解 (M1)	-	0.969	0.941	0.901	-

由表 3 可知，经过动态的 QCA 分析，其结果揭示了技术、组织与环境条件通过特定组态，对企业智能制造生产水平产生的系统性影响。经过分析，硬技术条件作为所有组态的核心，贯穿于结果所示的所有高一致性的路径当中。现在对于各个路径进行逐一分析。

在路径 1 当中，可以观察到硬技术前因变量的一致性水平为 0.97，该数据表示硬技术条件的开发弥补了软技术的缺失，具体而言，该路径覆盖了 66.1% 的高生产率的案例。这表明在企业的管理能力不足的情况下，硬件技术可以通过自动化水平的提高来实现生产流程的完善。同样可以观察路径 2 这一个组态。该条路径具有很高的一致性，具体达到了 0.966，这揭示了硬技术与低物化劳动投入存在显著的协同效应。再从覆盖度角度分析，该组态的覆盖度达到了 66.4%，这说明技术对资本密集型模式的替代作用明显。对于路径 3，其覆盖度仅有 7.7%，但该路径一致性高达 0.961。这表明硬技术投入对活劳动，也就是数字化转型的人力投入，其对其他生产要素的结构性替代，对于企业的高生产力水平具有显著的促进作用。

上述发现表明，信息系统组态对企业智能制造的重塑呈现出了阶梯式特征，可以知道，硬技术作为企业数字化转型的基础锚点，企业在发展过程中可以通过标准

化规程改进与自动化水平的提升来实现效率的跨越式进展。而组织条件又通过人力资源的再配置来充分的释放技术层面的潜力。与此同时，环境政策通过数字化技术在企业内部运用，与生态构建弥补当前组态的软性短板。

4.3.2 解的整体情况

表 4 解的整体统计指标

指标名称	值
汇总一致性	0.969
汇总覆盖度	0.901
优先级 (PRI)	0.941

本研究是基于 TOE 的框架对制造业信息系统发展前因组态进行动态的 QCA 分析。通过 TOE 框架这三项核心统计指标系统，前文检验了构造研究模型的科学性与各个路径的解释效力。结果表明，技术、组织与环境条件并不是单一的因素在发挥作用，而是多种因素共同作用的结果。针对之前的三种路径对企业数字化转型结果的因果路径分析，由相关数据可以知道其具有高度可靠性。这一指标从组态视角验证了多要素协同作用机制存在的统计显著性，为后续文章研究对数字化转型的政策建议提供了数据支撑。

4.3.3 结果组态分析

表 5 影响企业新质生产力发展的组态分析

组态	PL		
	物化要素驱动型 (C1)	硬软协同增效型 (C2)	硬科技替代引领型 (C3)
ST	⊗		
LL			⊗
ML		●	●
HT	●	⊗	
原始覆盖度	0.661	0.664	0.706
唯一覆盖度	0.016	0.036	0.077
一致性	0.970	0.966	0.961
总体一致性	0.969		
总体覆盖度	0.901		

注：●表示核心条件存在，●表示边缘条件存在；⊗表示核心条件存在，⊗表示边缘条件缺失；若空缺则表示可有可无。

## 5 研究结论与对策

### 5.1 研究结论

#### 5.1.1 物化要素驱动型

该组态表现为以物化劳动为核心条件,但是硬科技与软科技双重缺失的强技术性发展路径。该组态模式主要通过生产设备智能化升级、劳动对象数字化重构来实现企业信息系统效率提升的跃迁。对于重资产的传统行业,该路径特别适用于传统制造流程的渐进式改造,此类举措可以盘活已有的固定资产,把原先相对孤立的生生产要素通过数字化联系在一起,进而迸发更大的活力,该组态的高一致性数据也印证了基础设施现代化、数字化、智能化对传统制造工业为主要支柱地区的带动效应。

#### 5.1.2 硬软协同增效型

该组态具体表现为物化劳动因素与硬科技因素的协同发展,其硬科技架构既包含在制造业中占据重要地位的工业机器人之间的信息联动与智能化部署,又涉及到边缘性的软科技渗透,具体表现为:科技专利、适合自身企业独有的信息系统的建设与耦合。这种双要素二元融合的模式,在案例中尤其在装备制造领域的企业尤为广泛,其具体表现为组态案例覆盖度数值的占比居高不下。除此之外,该组态也印证了企业在转型中技术体系迭代呈现出逐步过渡的特征。

#### 5.1.3 硬科技替代引领型

该组态的核心逻辑在于,企业可以通过对硬科技技术的深度应用来实现对活劳动智能化的逐步替代。该类组态在船舶制造、高精钢材、航空航天等战略新兴产业中呈现出显著优势。该模式的高度唯一覆盖度特征,揭示出先进制造业集群,正在从要素驱动发展转向为创新驱动发展。但值得注意的是软科技因素的缺失问题,这

类问题暗示着企业数字治理能力在面对快速发展的科技时代,其具体建设情况仍待优化提高。

### 5.2 管理启示

数字化转型不是简单的技术叠加,而是对于技术与组织、环境的这几个要素的系统重构,因此企业需根据自身资源禀赋选择适配路径。经过研究可知传统重资产企业可聚焦生产设备的智能化升级,通过工业互联网平台串联生产单元,逐步将原有的设备之间、厂房之间、工厂之间的数据孤岛转化为一张有机耦合的协同网络。而对于技术密集型企业,该类企业需建立双轨制推进机制,具体含义就是企业在保持传统业务稳定的同时,在组织内设立专项的数字部门来孵化新技术。在人才结构优化方面,根据已有的组态,建议企业要构建数字技能补给站来增加人员对新技术的接受度与应用能力,从而减少管理层与基层员工的能力断层,具体举措有简历差异化培训体系等。

### 参考文献

- [1]艾志红. TOE 框架下制造企业数字化转型组态路径研究[J]. 财会月刊, 2023, 44(17):145-151.
- [2]卢江, 郭子昂, 王煜萍. 新质生产力发展水平、区域差异与提升路径[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2024, 30(03):1-17.
- [3]杜运周, 马鸿佳. 复杂性背景下的创新创业研究: 基于 QCA 方法[J]. 研究与发展管理, 2022, 34(03):1-9.

作者简介:李至铎(2000-),男,汉族,河北邯郸人,硕士研究生,助理会计师,单位:河北大学管理学院,研究方向:人力资源管理、运营管理。